

BREVE RELATÓRIO

Quais Hastes de Torniquete Improvisadas Funcionam Bem e Quais Não?

John F. Kragh Jr, MD; Timothy E. Wallum, BS; James K. Aden III, PhD; Michael A. Dubick, PhD; David G. Baer, PhD

Do Damage Control Resuscitation, US Army Institute of Surgical Research, JBSA Fort Sam Houston, TX (Drs. Kragh e Dubick); Burn Center, US Army Institute of Surgical Research, JBSA Fort Sam Houston, TX (Sr. Wallum); Departamento de Estatística, US Army Institute of Surgical Research, JBSA Fort Sam Houston, TX (Dr. Aden); e Research Directorate, US Army Institute of Surgical Research, JBSA Fort Sam Houston, TX (Dr. Baer).

Objetivo.— Torniquetes improvisados em primeiros socorros são recomendados quando nenhum torniquete cientificamente projetado está disponível. Hastes de torniquete para vantagem mecânica podem ser um bastão ou lápis e podem ser usadas individualmente ou em múltiplas unidades para apertar a faixa do torniquete, mas atualmente não há conhecimento empírico sobre a eficácia dessas hastes. O objetivo do presente estudo foi determinar o desempenho de torniquetes improvisados conforme o tipo e o número de hastes, a fim de melhorar a prática do uso de torniquetes.

Métodos.— Um simulador Leg Tourniquet Trainer foi utilizado como coxa de manequim para testar a eficácia de torniquetes improvisados com design de faixa e haste. Dois usuários realizaram 20 testes cada com 3 tipos de hastes. Os testes começaram com 1 representante de cada tipo (por exemplo, 1 lápis) e continuaram com números crescentes de cada tipo de haste até que o usuário atingisse 100% de eficácia, determinada pela cessação do fluxo sanguíneo simulado. Os tipos de hastes incluíram palitinhos de bambu, lápis e palitos de artesanato.

Resultados.— Os percentuais de eficácia na interrupção do sangramento estavam inversamente associados aos percentuais de quebra. Os percentuais de interrupção do pulso também estavam inversamente associados à quebra. O número de voltas da haste, o tempo para interromper o sangramento, o número de hastes e a pressão aplicada sob o torniquete estavam inversamente associados à quebra. O tipo de haste esteve associado à ocorrência de quebra; com 2 hastes, apenas os palitinhos de bambu não quebraram. Dos tipos de haste que quebraram, 20,7% foram palitinhos de bambu, 26,1% foram lápis e 53,2% foram palitos de artesanato.

Conclusões.— Um par de palitinhos de bambu como haste de torniquete improvisado apresentou desempenho melhor do que lápis ou palitos de artesanato.

Palavras-chave: primeiros socorros, ressuscitação, controle de danos, hemorragia, trauma, choque

Introdução

Torniquetes de primeiros socorros têm sido cada vez mais utilizados, por exemplo, após o atentado à Maratona de Boston em 2013.¹ Após mais de uma década de guerra, com um número crescente de veteranos retornando aos Estados Unidos com experiência em torniquetes, e com a crescente divulgação midiática do uso civil de torniquetes no país, os benefícios potenciais para o setor civil estão sendo reconhecidos. Para controlar hemorragias em ferimentos de membros compressíveis, torniquetes improvisados são recomendados quando nenhum torniquete comercialmente projetado está disponível.² Evidências preliminares de contextos de guerra indicam que torniquetes improvisados desafiam o usuário a torná-los ao mesmo tempo seguros e eficazes.²

O tipo comum de torniquete improvisado é o de design de faixa e haste, em que uma faixa é torcida e apertada por uma haste em forma de bastão. A haste proporciona vantagem mecânica ao apertar a faixa. Tipos de hastes podem incluir bastões e lápis, que podem ser usados individualmente ou em múltiplas unidades. No entanto, a evidência de eficácia dos torniquetes improvisados baseia-se principalmente em opiniões de clínicos com experiência no uso de torniquetes.²

Aviso: As opiniões ou afirmações contidas neste documento refletem apenas os pontos de vista privados dos autores e não devem ser interpretadas como oficiais ou como refletindo a visão do Departamento de Defesa ou do governo dos Estados Unidos. Os autores são empregados do governo dos EUA. Este trabalho foi preparado como parte de suas funções oficiais e, como tal, não há direitos autorais a serem transferidos.

Autor correspondente: John F. Kragh Jr, MD, US Army Institute of Surgical Research, 3698 Chambers Pass, Suite B, JBSA Fort Sam Houston, TX 78234-7767 (e-mail: john.f.kragh.civ@mail.mil).

Tabela 1. Testes eficazes por tipo de haste, número de hastes e usuário

Tipo de haste	Número de hastes	Testes por usuário (n)	Testes eficazes, usuário 1 (n)	Testes eficazes, usuário 2 (n)	Percentual de eficácia (total de testes, n)
Palitinho de bambu	1	20	10	7	42% (40)
Lápis	2	20	20	20	100% (40)
Palito de artesanato	1	20	19	2	52% (40)
	2	20	19	18	92% (40)
	3	20	20	13	82% (40)
	4	20	NA	20	100% (20)
	1	20	0	0	0% (40)
	2	20	12	12	60% (40)
	3	20	20	18	95% (40)
	4	20	NA	20	100% (20)

NA, não aplicável.

Não conseguimos encontrar conjuntos de dados a partir dos quais o plano de aula do Exército dos EUA para o uso de torniquetes improvisados foi desenvolvido. Embora o plano de aula do Exército detalhe os passos da técnica, e muitas das afirmações pareçam senso comum, desejávamos explorar empiricamente a questão do uso de torniquetes improvisados para identificar oportunidades de melhoria no atendimento.

Há muito pouca literatura disponível para leigos ou entusiastas de atividades ao ar livre sobre o uso de torniquetes improvisados em campo.^{3–8} Portanto, o objetivo do presente estudo é fornecer novo conhecimento tanto para iniciantes quanto para profissionais sobre o uso e desempenho de torniquetes improvisados, testando diferentes tipos e números de hastes.

Métodos

Este estudo foi conduzido sob um protocolo revisado e aprovado pelo escritório regulatório do US Army Institute of Surgical Research. Os usuários do torniquete foram dois investigadores familiarizados com o treinamento militar em torniquetes e o uso clínico de torniquetes. Ambos os investigadores possuíam experiência em pesquisa com torniquetes e no uso do manequim.

Os investigadores utilizaram o HapMed Leg Tourniquet Trainer (CHI Systems, Fort Washington, PA, EUA) — um segmento de corpo da coxa direita (perna número 000F) com lesão por amputação logo acima do joelho — de maneira semelhante a relatos anteriores.^{9,10} A região medial do quadril e pelve possuía uma interface de computador que incluía um software tipo touchpad semelhante ao de smartphones (versão 1.9) integrado ao manequim. Este dispositivo permitia que a perna fosse usada de forma independente e operada pela entrada do usuário por toque dos dedos no touchpad.

O sistema registrou o volume de perda de sangue, calculado usando uma equação linear a partir da capacidade arterial e do número de pulsações antes do controle da hemorragia.

O touchpad de cada iteração mostrava os resultados, que incluíam a eficácia do controle do sangramento, evidenciada pela exibição de luzes mencionada anteriormente, o tempo até o controle da hemorragia, a pressão exercida sob o torniquete e o volume de perda de sangue. O tempo para o controle da hemorragia começou quando a iteração se iniciava e terminou quando o manequim detectava que a coxa não estava mais perdendo sangue ou quando a haste de torniquete quebrava. A eficácia completa (100%) foi considerada a cessação da perda de sangue e a interrupção do pulso distal do membro afetado.

O torniquete utilizado foi um torniquete improvisado com design de faixa e haste, em que a faixa era um tecido triangular (37 × 37 × 52 polegadas) de algodão (muslin; Elwyn Inc, Elwyn, PA, EUA). Esta bandagem é um item comum do exército dos EUA usado para múltiplos propósitos de primeiros socorros (NSN 6510-00-201-1755). Após retirá-la da embalagem, os usuários desdobravam parcialmente a bandagem na cor oliva até que ficasse com 3,5 polegadas de largura e 52 polegadas de comprimento. Os usuários apertavam o torniquete ao redor da coxa até que acreditassem que o sangramento simulado distal havia cessado, com base na inspeção visual das luzes e na palpação do pulso distal no dispositivo. Uma volta da haste correspondia a um arco de 180°, que é o limite da supinação do punho ao girar a haste.

O presente estudo foi um experimento para determinar o desempenho do torniquete conforme o tipo de haste e o número necessário desse tipo para ser eficaz. Selecionamos tipos de haste que variavam em forma, tamanho e resistência para observar diferenças potenciais de desempenho. Os tipos de haste incluíram palitinhos de bambu, lápis e palitos de artesanato (também conhecidos como palitos de picolé). Os usuários do torniquete testaram o desempenho em conjuntos de 20 iterações. Cada conjunto de 20 iterações de teste foi realizado por usuário com cada tipo de haste. Os usuários começaram com 1 haste de cada tipo.

Tabela 2. Resultados da quebra da haste em relação à eficácia na interrupção do fluxo sanguíneo simulado

<i>Conditions</i>	<i>Bleeding stopped</i>	<i>Breakage</i>		
		<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>Total</i>
Iterations or attempts	No	12	99	111
Total attempts (%)		3.3	27.5	30.8
Ineffective attempts (%)		10.8	89.2	
Iterations or attempts	Yes	237	12	249
Total attempts (%)		65.8	3.3	69.2
Effective attempts (%)		95.2	4.8	
Total		249	111	360

Para determinar quando a eficácia atingiria 100% em um conjunto para cada usuário e para cada tipo de haste, os usuários prosseguiram com cada conjunto sucessivo aumentando o número de hastes até que o usuário finalmente alcançasse 100% de eficácia para o conjunto. Uma vez que o usuário atingisse 100% de eficácia para um tipo de haste, ele passava para outro tipo de haste e reiniciava a progressão do conjunto. Havia 2 usuários de torniquete.

A análise estatística incluiu o uso de estatísticas descritivas. Foram utilizadas tabelas de contingência para comparar variáveis (por exemplo, quebra [sim/não] versus controle da hemorragia [sim/não]). Um teste χ^2 foi usado para avaliar diferenças. A análise de variância foi utilizada para analisar os efeitos do uso do torniquete sobre os fatores de interesse. As análises permitiram a detecção de associações entre variáveis, por exemplo, se havia associação entre o tipo de haste e o controle da hemorragia. Regressão logística foi usada para modelar a ocorrência de quebra (sim/não).

Resultados

O único tipo de haste a ser eficaz em todos os testes com o menor número de hastes foram os palitinhos de bambu, sendo que 2 palitinhos foram 100% eficazes para ambos os usuários (Tabela 1). Um usuário conseguiu tornar 3 hastes eficazes em 100% dos testes tanto para lápis quanto para palitos de artesanato.

Tabela 3. Resultados da quebra da haste pelo número de voltas da haste

<i>Turn number</i>	<i>Breakage</i>		<i>Total</i>
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	
1	40	61	101
2	143	34	177
3	52	13	65
4	14	3	17
Total	249	111	360

Os dados representam a soma de todas as iterações, usuários e hastes.

Tabela 4. Resultados da quebra da haste por tipo de haste

<i>Windlass type</i>	<i>Breakage</i>		<i>Total</i>
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	
Chopstick	57	23	80
Pencil	111	29	140
Craft stick	81	59	140
Total	249	111	360

Os dados representam a soma de todas as iterações, usuários e hastes.

Enquanto o outro usuário precisou de 4 hastes tanto para lápis quanto para palitos de artesanato para alcançar 100% de eficácia.

Quando os 3 tipos de hastes são considerados, a eficácia (ausência de pulso e fluxo sanguíneo) esteve inversamente associada à quebra ($P < .0001$; Tabela 2). Com raras exceções (3,3%), se a haste quebrava, o torniquete era ineficaz, e se permanecia intacta, o pulso e o fluxo sanguíneo cessavam (Tabela 1).

O número de voltas da haste esteve inversamente associado aos percentuais de quebra ($P < .0001$; Tabela 3). No entanto, os resultados foram complexos, pois tipo de haste e número de hastes estavam confundidos. Por exemplo, para um tipo de haste — os palitos de artesanato — baixos números de voltas da haste estavam associados a altos percentuais de quebra, e essa associação baixo-alto ocorreu apenas com 1 palito de artesanato como haste. Caso contrário, houve uma associação de baixos números de voltas da haste com baixos percentuais de quebra.

Os percentuais de quebra dos 2 usuários de torniquete não diferiram estatisticamente entre si ($P = 0,7$). Os percentuais de quebra por direção de volta também não diferiram estatisticamente ($P = 0,7$), mas cada um dos 2 usuários girava a haste em direções diferentes de forma uniforme, de modo que a identidade do usuário e a direção da volta tornaram-se, na prática, indistinguíveis no modelo estatístico.

O tipo de haste esteve associado ao percentual de quebra ($P < .0005$; Tabela 4). Dos tipos de haste que quebraram, 20,7% foram palitinhos de bambu, 26,1% foram lápis e 53,2% foram palitos de artesanato.

Tabela 5. Resultados da quebra da haste pelo número de hastes

<i>Windlass number</i>	<i>Breakage</i>		<i>Total</i>
	<i>No</i>	<i>Yes</i>	
1	38	82	120
2	102	18	120
3	69	11	80
4	40	0	4
Total	249	111	360

Os dados representam a soma de todas as iterações, usuários e hastes.

Quando o número de hastes foi combinado para todos os tipos de haste, o número de hastes esteve inversamente associado aos percentuais de quebra ($P < .0001$; Tabela 5). Números maiores de hastes quebraram com menos frequência do que números menores.

O tempo para interromper o sangramento nas iterações com quebra foi maior do que nas iterações sem quebra ($P < .0001$). A pressão desenvolvida sob o torniquete nas iterações com quebra foi menor do que nas iterações sem quebra ($P < .0001$).

Para o tempo até a cessação do sangramento, número de hastes, identidade do usuário e a interação entre tipo de haste e número de hastes foram preditores desse tempo ($P < .0004$). Para a pressão na cessação do sangramento, tipo de haste, número de hastes, identidade do usuário e a interação entre tipo de haste e número de hastes foram preditores dessa pressão ($P < .0007$). Para a perda de volume de sangue, tipo de haste, número de hastes, identidade do usuário e a interação entre tipo de haste e número de hastes serviram como preditores ($P < .0015$). Por fim, para a própria quebra, usando regressão logística multivariada, tipo de haste, número de hastes e identidade do usuário foram todos preditores ($P < .0245$).

****Discussão****

A principal descoberta do presente estudo foi que esses 3 tipos de haste tiveram desempenhos diferentes; os palitinhos de bambu apresentaram melhor desempenho do que lápis ou palitos de artesanato. Dois palitinhos de bambu atingiram 100% de eficácia, sendo o único tipo a ter sucesso completo com esse número de hastes. Os resultados sugerem que as propriedades mecânicas dessas hastes diferiram.

A primeira descoberta secundária foi que o número de hastes afetou o desempenho: se o número fosse suficiente para evitar quebras, as taxas de eficácia eram consistentemente altas. Se as hastes quebrassem, as taxas de eficácia eram uniformemente baixas. Os pontos de quebra ocorreram rotineiramente no ponto de cisalhamento máximo na interface haste-faixa. Se a hemorragia tivesse sido controlada no momento da quebra, então o momento da quebra coincidiu com o momento da perda de controle da hemorragia. As proporções de iterações eficazes por número de hastes mostraram um aumento coerente e esperado em graus a cada haste adicionada.

A segunda descoberta secundária de nossos dados foi que a oclusão arterial pelo uso de torniquetes improvisados não foi atingida de forma confiável, pois os percentuais de ineficácia foram altos. Isso difere de experiências anteriores, que foram mais favoráveis após as explosões em Boston,¹ mas as hastes aparentemente não foram usadas fora do hospital em Boston, e os torniquetes aplicados lá podem ter sido venosos.²

Torniquetes que bloqueiam o fluxo venoso são torniquetes venosos e, por definição, não bloqueiam artérias e não são torniquetes arteriais; torniquetes venosos são ineficazes no controle de hemorragias.

A terceira descoberta secundária foi que o número de voltas esteve inversamente associado ao percentual de quebras. Essa associação foi principalmente atribuída ao fato de que o tipo de haste e a quantidade de hastes estavam confundidos na relação entre quebra, número de voltas, tipo de haste e quantidade de hastes. Por exemplo, 39 das 61 quebras após apenas 1 volta ocorreram ao usar apenas 1 palito de artesanato.

Novas hipóteses para pesquisas futuras incluem a triagem para encontrar hastes melhores ou eliminar as piores, tipos de faixas podem ser avaliados ou desconsiderados, e a variabilidade entre indivíduos pode ser explorada mais detalhadamente.

As limitações do presente relatório estão relacionadas ao escopo restrito do desenho experimental. O experimento com o manequim não avaliou a complexidade do cuidado clínico, mas se concentrou nas variáveis controladas de interesse.

****Conclusões****

Em resumo, o presente estudo relata um experimento com manequim que concluiu que um par de palitinhos de bambu como haste de torniquete improvisada funcionou melhor do que lápis ou palitos de artesanato.

****Agradecimentos****

Este projeto foi financiado com fundos internos do USAISR e do Defense Health Program. O Dr. Harold Klemcke auxiliou na preparação do manuscrito.

****Referências****

1. Caterson EJ, Carty MJ, Weaver MJ, Holt EF. Boston bombings: a surgical view of lessons learned from combat casualty care and the applicability to Boston's terrorist attack. *J Craniofac Surg*. 2013;24:1061–1067.
2. Kragh JF Jr, Walters TJ, Baer DG, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *J Trauma*. 2008;64(suppl):S38–S49.
3. Lakstein D, Blumenfeld A, Sokolov T, et al. Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: a 4-year accumulated experience. *J Trauma*. 2003;54(suppl):S221–S225.
4. King DR, van der Wilden G, Kragh JF Jr, Blackburn LH. Forward assessment of 79 prehospital battlefield tourniquets used in the current war. *J Spec Oper Med*. 2012;12:33–38.
5. Dayan L, Zinmann C, Stahl S, Norman D. Complications associated with prolonged tourniquet application on the battlefield. *Mil Med*. 2008;173:63–66.
6. Swan KG Jr, Wright DS, Barbagiovanni SS, Swan BC, Swan KG. Tourniquets revisited. *J Trauma*. 2009;66:672–675.
7. Rich NM. Vascular trauma historical notes. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther*. 2011;23:7–12.

8. Guo JY, Liu Y, Ma YL, Pi HY, Wang JR. Evaluation of emergency tourniquets for prehospital use in China. *Chin J Traumatol*. 2011;14:151–155.
9. Clumpner BR, Polston RW, Kragh JF Jr, et al. Single versus double routing of the band in the Combat Application Tourniquet. *J Spec Oper Med*. 2013;13:34–41.
10. Polston RW, Clumpner BR, Kragh JF Jr, Jones JA, Dubick MA, Baer DG. No slackers in tourniquet use to stop bleeding. *J Spec Oper Med*. 2013;13:12–19.